

Traitement, analyse et classification de signaux expérimentaux d'émission acoustique avec le langage R: étude du comportement d'un combustible nucléaire en situation accidentelle.

O.I Traore^a, L. Pantera^b, N. Favretto-Cristini^a et S. Viguier-Pla^c

^aLMA,CNRS UPR 7051, Aix-Marseille Univ., Centrale Marseille, F-13453 Marseille Cedex 13, France.
traore@lma.cnrs-mrs.fr, favretto@lma.cnrs-mrs.fr.

^bCEA, DEN, DER/SRES, Cadarache, F-13108 Saint-Paul-lez-Durance, France.
laurent.pantera@cea.fr .

^cInstitut de Mathématiques de Toulouse, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 9, France.
viguier@math.univ-toulouse.fr

Mots clefs : Traitement du signal, statistique, soustraction spectrale, décomposition en valeurs singulières, classification.

L'accident d'injection de réactivité (« *Reactivity Initiated Accident* » (RIA)) est un accident dit de type grave, caractérisé par une insertion de réactivité dans le cœur d'un réacteur nucléaire. Il induit une excursion de puissance quasi-instantanée, avec un dépôt significatif d'énergie dans les crayons de combustibles, soumettant ainsi ceux-ci à une situation de stress extrême. Dans le cadre de l'étude d'accidents de ce type, le centre CEA de Cadarache, à travers son Laboratoire de Préparation et de Réalisation des Essais (LPRE), exploite un réacteur de recherche de type piscine destiné à reproduire sur un crayon de combustible irradié, prélevé dans une centrale en activité, une situation de stress équivalente à celle d'un accident de type RIA. Le crayon, constitué d'un ensemble de pastilles d'uranium empilées sur une hauteur d'un mètre environ, et placé dans une gaine en alliage de zirconium de 9.5 mm de diamètre et 0.57 mm d'épaisseur, est soumis à un transitoire de puissance pouvant atteindre jusqu'à 20 GW en 10 à 100 ms.

Après chaque essai, les expérimentateurs sont amenés dans le cadre d'un rapport préliminaire à se prononcer sur le comportement du crayon. Ce premier rapport s'appuie essentiellement sur l'analyse de signaux obtenus en ligne, notamment à travers deux capteurs piézoélectriques (microphones) placés en amont et en aval du dispositif d'essai. Le LPRE développe un atelier de dépouillement autour de l'analyse de ces signaux en s'appuyant sur le langage R pour réaliser les opérations de stockage des informations, de traitement du signal et d'analyse statistique. Les étapes de dépouillement sont constituées des opérations suivantes :

1. Débruitage du signal global acquis en ligne lors d'un essai,

2. Découpe en signaux d'intérêts,
3. Alimentation d'une base de données PostgreSQL,
4. Localisation des phénomènes physiques à l'origine des signaux d'intérêt,
5. Classification des signaux d'intérêt

Nous présentons ici la mise en œuvre de l'étape de débruitage du signal acquis lors de l'essai. C'est l'étape importante du processus d'ensemble dans la mesure où elle impacte fortement la qualité de détection des phénomènes, de leur localisation, et finalement de leur classification. Nous avons choisi de mettre en œuvre deux méthodes. Parmi lesquelles la méthode dite de Soustraction de Spectre (SS). Depuis la fin des années 70 [1, 2], la SS a suscité un grand intérêt et fait l'objet de nombreuses applications en traitement du signal numérique, notamment pour la restauration de la parole [3]. Elle suppose la connaissance d'une estimation du bruit de fond. De manière intuitive, elle peut être considérée comme une méthode qui, au travers d'un estimateur du bruit permet de restaurer un signal source en s'appuyant sur une comparaison de densités spectrales en module ou en énergie. Dans le travail présenté ici, un accent particulier est mis sur l'implémentation sous R de la méthode SS [4], en insistant sur les critères d'optimisation des paramètres. Les résultats obtenus permettent de conclure à une très bonne adéquation de la SS en termes d'amélioration du rapport signal sur bruit (SNR) et de préservation de la forme d'onde pour les segments du signal reçu correspondant à des phénomènes physiques d'intérêt. Par ailleurs, nous avons également choisi de mettre en œuvre une méthode qui nous permettrait de moins dépendre de la connaissance du bruit de fond. C'est une approche basée sur une décomposition en valeurs singulières du signal reçu «Singular Spectral Analysis» (SSA) [5, 6] qui est plus orientée vers l'analyse de données. Nous testons la capacité d'une telle analyse exploratoire à orienter l'extraction du bruit de fond. Nous comparons les résultats à ceux obtenus par la méthode SS que nous prenons comme référence.

Références

- [1] S.F. Boll. Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction. *Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on*, 27(2) :113–120, 1979.
- [2] P. Sovka, P. Pollak, and J. Kybic. Extended spectral subtraction. In *Proceeding of European Signal Processing Conference, EUSIPCO-96, Trieste, Italia*, 1996.
- [3] M. Berouti, R. Schwartz, and J. Makhoul. Enhancement of speech corrupted by acoustic noise. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP'79.*, volume 4, pages 208–211. IEEE, 1979.
- [4] T. Matsuo and H. Cho. Development of AE monitoring system with noise reduction function by spectral subtraction. *Materials Transactions*, 53(2) :342–348, 2012.
- [5] N. Golyandina, V. Nekrutkin, and A.A. Zhigljavsky. *Analysis of time series structure : SSA and related techniques*. CRC press, 2001.
- [6] N. Golyandina and A. Korobeynikov. Basic singular spectrum analysis and forecasting with R. *Computational Statistics & Data Analysis*, 71 :934–954, 2014.